

Высокопроизводительная реализация метода моделирования радиолокационных изображений с использованием CUDA

Д.А. Жердев¹, В.В. Прокудин¹, Е.Ю. Минаев¹

¹Самарский национальный исследовательский университет им. академика С.П. Королева, Московское шоссе 34А, Самара, Россия, 443086

Аннотация. В работе исследуется реализация параллельного алгоритма моделирования радиолокационных изображений с синтезированием апертуры антенны. Технология CUDA используется при построении траекторного сигнала от сложных объектов и рельефа трехмерной сцены. Важной задачей при эффективном обучении алгоритмов распознавания является создание большой базы данных примеров изображений объектов. Таким образом, с использованием параллельной реализации программы моделирования достигается высокая производительность, необходимая для моделирования множества радиолокационных изображений объектов с разных ракурсов наблюдения.

1. Введение

Это исследование является продолжением идей и методов работы [1], в которых был рассмотрен метод моделирования радиолокационных изображений с синтезированием апертуры антенны. Цель данной работы - уменьшить вычислительную сложность алгоритма с увеличением скорости моделирования радиолокационных изображений. Для достижения данной цели мы используем технологию CUDA с высокопроизводительным вычислением на графических ускорителях. Основным затратным этапом моделирования является расчёт траекторного сигнала радиолокатора по маршруту движения носителя. В данном исследовании был реализован алгоритм получения радиолокационных характеристик от всех малых элементов сцены «faces» с использованием CUDA.

2. Моделирование

Изображение радиолокатора с синтезированной апертурой (РСА) антенны является наиболее полезной формой представления радиолокационных данных в задачах распознавания объектов. Нами был разработан алгоритм, основанный на аналогичных принципах моделирования РСА, описанных в [2-4]. Траекторный сигнал формируется при записи истории фаз и амплитуд в результате движения радиолокационной станции по некоторой заданной траектории. В процессе движения радиолокатор последовательно передает и принимает радиолокационные импульсы. В результате согласованной обработки принимаемого и излучаемого сигнала возможно значительно улучшить разрешение вдоль траектории синтеза.

Общее выражение для вычисления значения изображения РСА в пикселе с определенной дальностью и наклонной дальностью до некоторого объекта наблюдения может быть записано в виде:

$$I(x_H, y_H) = \int_{-\infty}^{+\infty} v(x, y, z) \chi(x, y, z, x_H, y_H) dS,$$

где $I(x_H, y_H)$ - выходной сигнал, $v(x, y)$ - функция отражения, S - поверхность сцены, причем $z_H = const$ в нашем случае равняется нулю а

$$\chi(x, y, z, x_H, y_H) = \int_0^{T_H} h(x, y, z, t) h^*(x_H, y_H, t) dt,$$

функция неопределенности РСА по пространственным координатам. Здесь для $R(x, y, z)$

$$h(x, y, z, t) = \left(\frac{j\omega}{2\pi c}\right)^2 \frac{1}{RR'} F(\theta, \phi) F(\theta', \phi') a\left(t - \frac{R+R'}{c}\right) e^{j\omega\left(t - \frac{R+R'}{c}\right)},$$

пространственная импульсная переходная характеристика системы «антенна РЛС – среда распространения» [1], а

$$h^*(x_H, y_H, t),$$

комплексно-сопряженная пространственная импульсная переходная характеристика системы.

Приведенная модель позволяет решать задачу моделирования РИ с единых позиций пространственно-временного описания процессов формирования сигналов и помех, их распространения, приема и обработки.

Дальность и наклонная дальность являются координатами полученного изображения РСА. На рисунке 1 приведены радиолокационные изображения, полученные путем моделирования, а на рисунке 2 соответствующих углов наблюдения из базы данных MSTAR реальных радиолокационных изображений.

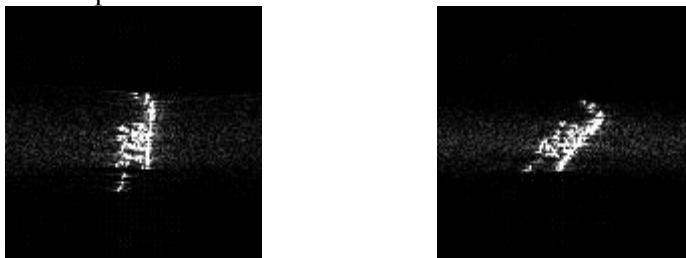


Рисунок 1. Результаты моделирования радиолокационных изображений.

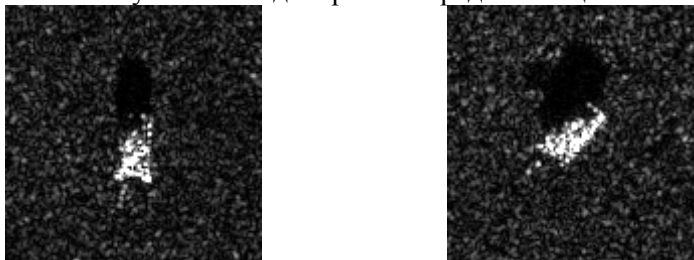


Рисунок 2. Реальные радиолокационные изображения цели.

Программный комплекс моделирования включает следующие составные части: редактор карт, 3D-редактор, генератор рельефа и общий интерфейс. В программном комплексе присутствует два основных этапа моделирования: формирование рельефа с заданными параметрами и построение трехмерной модели. Свойства материала описанных моделей присваиваются ко всем граням объекта, которые отражают радиолокационные импульсы под разными углами падения. В совокупности от всех многогранников 3D сцены программным образом моделируется радиолокационный отклик, который затем обрабатывается моделью радиолокатора.

3. Высокопроизводительная реализация и анализ результатов

Основными вычислительно затратными операциями при решении задачи синтеза радиолокационного изображения является вычисление радиолокационного отклика от всех элементов трехмерной сцены и вычисление интеграла, приведенного ранее в разделе 2. В данном исследовании была реализована параллельная версия программы моделирования с использованием CUDA.

На рисунке 3 приведен сравнительный график времени выполнения параллельной и последовательной программ в логарифмической шкале. Полученное ускорение для моделей с разным количеством элементов приведено на графике 4. Эксперименты проводились на компьютере с процессором AMD FX-6300 с тактовой частотой в 4.2 ГГц и с графической платой Geforce GTX 750 с частотой 1 ГГц.

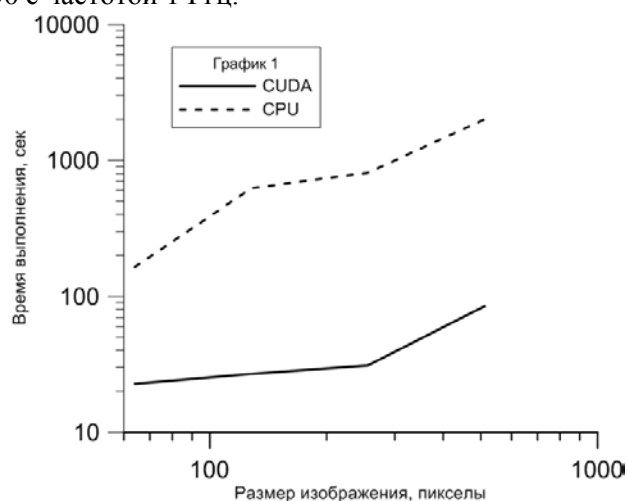


Рисунок 3. Сравнение времени выполнения двух алгоритмов.

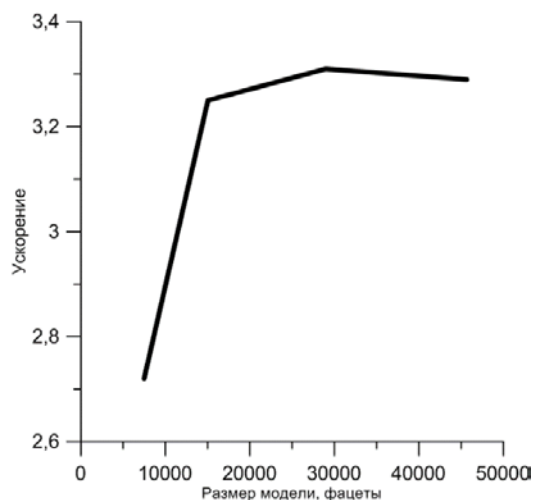


Рисунок 4. Ускорение CUDA/CPU.

Полученные результаты демонстрируют высокий потенциал использования CUDA для моделирования радиолокационных изображений сложных сцен. Кроме того, такая программа может использоваться для оперативного формирования множества изображений для решения задачи распознавания.

4. Благодарность

Работа выполнена при поддержке Министерства образования и науки и проектов РФФИ № 18-37-00457 мол_а, 17-29-03112 офи_м, 16-07-00729 А.

5. Литература

- [1] Жердев, Д.А. Технология распознавания радиолокационных изображений с формированием эталонов путем моделирования / Д.А. Жердев, Е.Ю. Минаев, В.В. Прокудин, В.А. Фурсов // Информационные технологии и нанотехнологии (ИТНТ-2017). – 2017. – С. 1033-1038.
- [2] Franceschetti, G. Efficient simulation of airborne SAR raw data of extended scenes / G. Franceschetti, A. Iodice, S. Perna, D. Riccio // IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing. – 2006. – Vol. 44(10). – P. 2851-2860.
- [3] Franceschetti, G. Efficient simulation of hybrid stripmap/spotlight SAR raw signals from extended scenes / G. Franceschetti, R. Guida, A. Iodice, D. Riccio, G. Ruello // IEEE transactions on geoscience and remote sensing. – 2004. – Vol. 42(11). – P. 2385-2396.
- [4] Xie, H. Efficient raw signal generation based on equivalent scatterer and subaperture processing for one-stationary bistatic SAR including motion errors / H. Xie, D. An, X. Huang, Z. Zhou // IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing. – 2016. – Vol. 54(6). – P. 3360-3377.

HPC implementation of radar images modelling method using CUDA

D.A. Zherdev¹, V.A. Procudin¹, E. Y. Minaev¹

¹Samara National Research University, Moskovskoe Shosse 34A, Samara, Russia, 443086

Abstract. In the study the implementation of the parallel algorithm of synthetic aperture radar images modelling was researched. The CUDA was used for computing the trajectory signal of scattered field from object and ground on 3D scene. The important task of effective recognition algorithm studying is a formation of a large database of image samples. Thus, the high performance was reached using parallel implementation of modelling program, which necessary to model many synthetic aperture radar images of an object in different positions.

Keywords: RSA, synthetic aperture, image processing.